

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-148779

(P2002-148779A)

(43)公開日 平成14年5月22日(2002.5.22)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 0 3 F 1/08

G 0 3 F 1/08

A 2H095

G 0 6 F 17/50

6 5 8

G 0 6 F 17/50

6 5 8 M 5 B 0 4 6

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願2000-339332(P2000-339332)

(22)出願日 平成12年11月7日(2000.11.7)

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72)発明者 白井 聡

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(72)発明者 橋本 耕治

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(74)代理人 100083806

弁理士 三好 秀和 (外7名)

Fターム(参考) 2H095 BB01

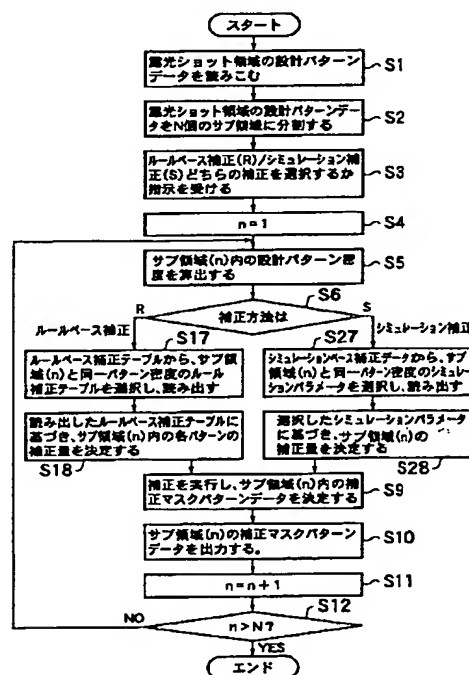
5B046 AA08 GA06 JA02

(54)【発明の名称】 マスクパターン補正方法、フォトマスク及びマスクパターン補正方法プログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記録媒体

(57)【要約】

【課題】 フォトリソグラフィプロセスを経てウエハ上に形成されるパターンをより設計パターンに近づけることのできるマスクパターンの補正方法を提供する。

【解決手段】 マスクパターン密度ごとに、マスクパターンとこれを用いたフォトリソグラフィプロセスにより実際に得られるウエハ上のパターンとの比較より求めた、マスクパターンに必要な補正量を、マスクパターン密度ごとの補正データとして予め準備する。一方、マスク上の補正対象領域に対する設計パターン密度を算出し、この設計パターン密度に対応するマスクパターン密度の補正データを選択し、これに基づいて、補正対象領域の設計パターンデータに補正を行う。



BEST AVAILABLE COPY

1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 マスクパターン密度ごとに、マスクパターンとこれを用いたフォトリソグラフィプロセスにより実際に得られるウエハ上のパターンとの比較より求めた、マスクパターンに必要な補正量を、マスクパターン密度ごとの補正データとして準備するステップと、マスク上の補正対象領域に対する設計パターンデータを取得するステップと、前記補正対象領域に対する設計パターン密度を算出するステップと、

前記算出した設計パターン密度に対応するマスクパターン密度の前記補正データを選択するステップと、選択された補正データに基づいて、前記設計パターンデータに補正を行うステップとを有することを特徴とするマスクパターン補正方法。

【請求項 2】 前記補正対象領域は、1 回の露光ショット領域を二以上に分割して得た複数のサブ領域ごとに指定されるものである請求項 1 に記載のマスクパターン補正方法。

【請求項 3】 前記サブ領域が、それぞれ少なくとも $100\mu\text{m}\square\sim 1000\mu\text{m}\square$ である請求項 2 に記載のマスクパターン補正方法。

【請求項 4】 前記サブ領域が、1 回の露光ショット領域を均等な面積に分割したものである請求項 2 または請求項 3 に記載のマスクパターン補正方法。

【請求項 5】 前記サブ領域が、独立した回路ブロック単位に分割したものである請求項 2 または 3 に記載のマスクパターン補正方法。

【請求項 6】 パターン密度ごとに、マスクパターンとこれを用いたフォトリソグラフィプロセスにより実際に得られるウエハ上のパターンとの比較より求めたマスクパターンに必要な補正量を、パターン密度ごとの補正データとして準備するステップと、マスク上の 1 回の露光ショット領域に対する設計パターンデータを取得するステップと、前記露光ショット領域中で最も高いパターン精度が必要な独立した回路ブロック領域に対する設計パターン密度を算出するステップと、前記算出した設計パターン密度に対応するマスクパターン密度の前記補正データを選択するステップと、選択された補正データに基づいて、前記 1 回の露光ショット領域に対応する設計パターンデータに補正を行うステップとを有することを特徴とするマスクパターン補正方法。

【請求項 7】 パターン密度ごとに、マスクパターンとこれを用いたフォトリソグラフィプロセスにより実際に得られるウエハ上のパターンとの比較より求めた、マスクパターンに必要な補正量を、パターン密度ごとの補正データとして準備するステップと、マスク上の補正対象領域に対応する設計パターンデータ

2

と、前記補正対象領域の周辺領域に対応する設計パターンデータとを取得するステップと、

前記補正対象領域に対応する設計パターン密度と、前記周辺領域に対応する設計パターン密度を算出するステップと、

前記算出した二つの設計パターン密度から、前記補正対象領域のパターンに影響を与える実効的なパターン密度を算出するステップと、

10 前記実効的なパターン密度に対応するマスクパターン密度の前記補正データを選択するステップと、

選択された補正データに基づいて、前記補正対象領域の設計パターンデータに補正を行うステップとを有することを特徴とするマスクパターン補正方法。

【請求項 8】 前記実効的設計パターン密度は、前記補正対象領域の設計パターン密度と前記周辺領域の設計パターン密度に対しそれぞれ重み付けを行い、各領域ごとに設計パターン密度と重み付けの積を求め、これらの積の和である請求項 7 に記載のマスクパターン補正方法。

20 【請求項 9】 前記補正データを準備するステップが、実験的に求めた隣接パターン間距離とウエハ上のパターン寸法の関係から、各隣接パターン距離に対する必要な補正量を補正データテーブルとして作成するものである請求項 1 から 8 のいずれかに記載のマスクパターン補正方法。

【請求項 10】 前記補正データを準備するステップが、実験的に求めた隣接パターン間距離とウエハ上のパターン寸法に適するシミュレーション条件より、必要な補正量をシミュレーションに基づき算出できるようにシミュレーションに必要なパラメータを補正データとして作成するものである請求項 1 から 8 のいずれかに記載のマスクパターン補正方法。

【請求項 11】 前記請求項 1 ～ 10 のいずれかに記載されたマスクパターンの補正方法を用いて作製されたフォトマスク。

【請求項 12】 マスク上の補正対象領域に対する設計パターンデータを読み込むステップと、前記補正対象領域の設計パターン密度を算出するステップと、

40 予め記憶されたパターン密度ごとの補正データであって、マスクパターンとこれを用いたフォトリソグラフィプロセスにより実際に得られるウエハ上のパターンとの寸法差より算出されたパターン密度ごとの補正データから、前記設計パターン密度に対応する補正データを選択して読み出すステップと、読み出した補正データを基に、前記補正対象領域の設計パターンデータに補正を加えるステップとを有するマスクパターン補正方法プログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

50 【請求項 13】 前記補正対象領域を、

3

1回の露光ショット領域を二以上に分割して得た複数のサブ領域ごとに指定する請求項12に記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項14】 前記サブ領域が、1回の露光ショット領域を均等な面積に分割したものである請求項12または13に記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項15】 前記サブ領域が、1回の露光ショット領域を独立した回路ブロック単位に分割した領域である請求項12～14のいずれかに記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項16】 マスク上の1回の露光ショット領域に対する設計パターンデータを読み込むステップと、前記露光ショット領域中の最も高いパターン精度を要求される回路ブロック領域の設計パターン密度を算出するステップと、

予め記憶されたパターン密度ごとの補正データであって、マスクパターンとこれを用いたフォトリソグラフィプロセスにより実際に得られるウエハ上のパターンとの寸法差より算出されたパターン密度ごとの補正データから、前記設計パターン密度に対応する補正データを選択して読み出すステップと、

読み出した補正データを基に、前記露光ショット領域の設計パターンデータに補正を加えるステップとを有するマスクパターン補正方法プログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項17】 マスク上の補正対象領域に対応する設計パターンデータと、前記補正対象領域の周辺領域に対応する設計パターンデータとを取得するステップと、前記補正対象領域に対応する設計パターン密度と、前記周辺領域に対応する設計パターン密度を算出するステップと、

前記算出した二つの設計パターン密度から、前記補正対象領域のパターンに影響を与える実効的なパターン密度を算出するステップと、

予め記憶されたパターン密度ごとの補正データであって、マスクパターンとこれを用いたフォトリソグラフィプロセスにより実際に得られるウエハ上のパターンとの寸法差より算出されたパターン密度ごとの補正データから、前記実効的なパターン密度に対応する補正データを選択して読み出すステップと、

読み出した補正データを基に、前記補正対象領域の設計パターンデータに補正を加えるステップとを有するマスクパターン補正方法プログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項18】 前記実効的設計パターン密度は、前記補正対象領域の設計パターン密度と前記周辺領域の設計パターン密度に対しそれぞれ重み付けを行い、各領域ごとに設計パターン密度と重み付けの積を求め、これらの積の和である請求項17に記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

4

【請求項19】 前記補正データは、実験的に求めた隣接パターン間距離とウエハ上のパターン寸法の関係から、各隣接パターン距離に対する必要な補正量を補正データテーブルとして作成したものである請求項12から18のいずれかに記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項20】 前記補正データは、実験的に求めた隣接パターン間距離とウエハ上のパターン寸法に適するシミュレーション条件より、必要な補正量をシミュレーションに基づき算出できるようにシミュレーションに必要なパラメータを補正データとして作成したものである請求項12から18のいずれかに記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置製造におけるフォトリソグラフィ工程で用いられる露光用マスクのパターン補正方法、この補正方法により得られるフォトリソグラフィマスクおよびこの補正方法プログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体デバイスの小型化により、投影光学系を用いたフォトリソグラフィ手法を用いて形成するパターンの微細化が進行している。

【0003】設計パターンサイズが、投影光学系の解像度に対し十分余裕がある場合には、設計パターンを忠実に再現したマスクパターンを持つフォトリソグラフィマスクを用いればよい。しかし、設計パターンの微細化が進み、光学近接効果(OPE:Optical Proximity Effect)による光の回折が影響を及ぼすレベルになると、設計通りのサイズのマスクパターンを用いると、露光工程を経て得られる転写パターンには、サイズの太りや細りが生じ、設計通りのパターンをウエハ上に転写することができない。

【0004】そこで、従来より、予め光学近接効果を考慮した補正(OPC:Optical Proximity Correction)がマスクパターンに対し行われてきた。

【0005】図9に示すように、1回の露光ショット領域A内のあるマスクのラインパターンに光近接効果補正を加える場合、マスクパターンの補正方法としては「ルールベース補正」と「シミュレーションベース補正」と呼ぶ2つの補正が主に行われてきた。

【0006】図10(a)～図10(c)は、「ルールベース補正」を説明する図である。図10(a)は、補正対象パターン100とその周辺のパターンを示すものである。ルールベース補正では、補正対象パターンとこれに隣接する他のパターンとの隣接間距離sと必要な補正量の関係をルールベース補正テーブルとして予め準備し、このテーブルに基づくパターン補正を行う方法である。

5

【0007】たとえば、図10(b)に示すように、隣接パターン間距離Sであるとき、破線で示す設計パターン101のマスクを用いると、実際にウエハ上に露光転写されるパターン102は同図に示すように、光近接効果によりパターンの細りを示す。そこで、ルールベース補正では、あらかじめ設計パターン寸法と露光転写パターンとの差異より必要な補正量Bを隣接パターン間距離(パターンルール)Sとの関係でデータを蓄積し、この補正データに基づき、図10(c)に示すように、補正量Bを設計パターンに付加した補正マスクパターン103をフォトマスク上に作製する。

【0008】一方、一般的な「シミュレーションベース補正」では、図11(a)に示すような補正対象パターン110とそのパターンに近接する数 μm オーダーの周囲をシミュレーション範囲S_aとし、この範囲を考慮し、図11(b)に示す実際にウエハ上に露光転写されるパターン112をシミュレーションで求める。このシミュレーションパターン112と設計パターン111との差異がシミュレーション補正量であり、この補正量に基づいて図11(c)に示すような、補正を付加した補正マスクパターン113を作製する。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】上述するように、従来のマスクパターンは、ルールベース補正、もしくはシミュレーションベース補正を用いて補正されてきた。いずれの場合も、主に露光転写時の光近接効果に対応するため、補正対象パターンとそのパターンに隣接するせいぜい数 μm オーダーの周辺領域のパターンを考慮した補正データに基づきマスクパターンの補正を行ってきた。

【0010】しかし、最近、実際にウエハ上に露光、現像、エッチングを含む一連のフォトリソグラフィプロセスを経て作製される回路パターン寸法は、このような数 μm の周辺領域のパターン環境のみならず、より広範囲な、例えば数百 μm ～数千 μm の設計パターン環境の変化によって、パターンの細りや太りに影響があることがわかってきた。従って、従来のマスクパターン補正方法を用いたのでは、ウエハ上に設計通りのパターン寸法を得ることができない場合が生じていた。

【0011】そこで、本発明は上述する課題に鑑み、フォトリソグラフィプロセスを経てウエハ上に形成されるパターンをより設計値に近づけることのできるマスクパターンの補正方法とこの方法を用いて作製したフォトマスクおよびこの補正方法を実行するためのプログラムを記録した記録媒体を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】上述する目的を達成するため、本発明の第1のマスクパターン補正方法は、まず、フォトマスクパターンとこれを用いたフォトリソグラフィプロセスにより実際に得られるウエハ上のパターンとの差異よりフォトマスクパターンに必要な補正量を

6

求め、これをパターン密度ごとの補正データとして準備する。次に補正対象となるマスク上の領域の設計パターンデータを取得する。補正対象となるマスク上の領域の設計パターン密度を算出し、上記補正データから、算出した設計パターン密度に対応する補正データを選択する。選択された補正データを基に設計パターンに補正を加えることでマスクパターンの補正を行う。

【0013】上記本発明のマスクパターン補正方法によれば、マスク上のパターン密度ごとに補正データを準備することにより、パターン密度の影響を考慮したパターン補正を行うことができる。パターン密度の粗密は、特に露光、現像、エッチングを含むフォトリソグラフィプロセスを経て実際にウエハ上に作製されるパターン寸法に影響を与える。よって、パターン密度をパラメータとする補正を行うことにより、より実際のプロセスの影響を考慮したマスクパターンの補正が可能となる。

【0014】なお、上述するマスクパターン補正方法において、補正対象となるウエハ上の領域は、1回の露光ショット領域を二以上に分割したサブ領域ごとに指定してもよい。

【0015】例えば、上記サブ領域を、少なくとも100 μm □～1000 μm □としてもよい。この場合は、従来より明らかに広範囲の設計パターン環境を考慮した補正データに基づく補正を行うことができるので、より正確なマスクパターン補正を行うことができる。

【0016】なお、上記サブ領域は、1回の露光ショット領域を均等な面積に分割したものであってもよい。この場合は、均等分割であるため分割時の処理を比較的単純化できる。

【0017】また、上記サブ領域は、1回の露光ショット領域を独立した回路ブロックごとに分割したものであってもよい。この場合は、回路ブロックごとにパターン密度の粗密や精度が大きく異なる場合に、回路ブロックごとに最適なマスクパターンの補正を行うことができる。

【0018】本発明の第2のマスクパターン補正方法は、まず第1の補正方法と同様にパターン密度ごとの補正データとして準備する。次に、マスク上の1回の露光ショット領域に対する設計パターンデータを取得する。さらに該露光ショット領域中で最も高いパターン精度が必要な独立した回路ブロック領域に対する設計パターン密度を算出する。そして、算出した設計パターン密度に対応するマスクパターン密度の補正データを選択し、この選択された補正データに基づいて、上記1回の露光ショット領域に対応する設計パターンデータに補正を行う。

【0019】このように、最も高いパターン精度が要求される領域を優先し、これに合わせたマスクパターン補正を行うことにより、露光領域全域においてパターン密度算出の手間を不要にするとともに、ウエハ上のパター

7

ン精度が必要とされる領域には十分なパターン精度を提供できる。

【0020】本発明の第3のマスクパターン補正方法は、まず第1の補正方法と同様にパターン密度ごとの補正データとして準備する。次に、マスク上の補正対象領域に対応する設計パターンデータと、この補正対象領域の周辺領域に対応する設計パターンデータとを取得する。なお、ここで「周辺領域」とは、補正対象領域中のパターン寸法に対しパターン密度が影響を与える領域を主にいう。この後、補正対象領域に対応する設計パターン密度と、周辺領域に対応する設計パターン密度を算出し、さらに算出した二つの設計パターン密度から、補正対象領域のパターンに影響を与える実効的なパターン密度を算出する。そして、この実効的なパターン密度に対応するマスクパターン密度の補正データを選択し、この補正データに基づいて、上記補正対象領域の設計パターンデータに補正を行う。

【0021】このように、補正対象領域のみならずその周辺領域のパターン密度をも考慮に入れることで、より精度の高いマスクパターンの補正を行うことができる。

【0022】上記実効的設計パターン密度は、補正対象領域の設計パターン密度と周辺領域の設計パターン密度に対しそれぞれ W_{am} (%)、 W_{sur} (%) ($W_{am} + W_{sur} = 100\%$) の重み付けを行い、各領域ごとに設計パターン密度と重み付けの積を求め、これらの積の和としてもよい。

【0023】なお、上述した第1～第3のマスクパターン補正方法において、補正データとして準備するステップは、実験的に求めた隣接パターン間距離とウエハ上のパターン寸法の関係から、各隣接パターン距離に対する必要な補正量を補正データテーブルとして作成する、いわゆる「ルールベース補正」に基づくものであってもよい。

【0024】また、実験的に求めた隣接パターン間距離とウエハ上のパターン寸法に適するシミュレーション条件より、必要な補正量をシミュレーションに基づき算出できるようにシミュレーションに必要なパラメータを補正データとして作成する、いわゆる「シミュレーションベース補正」に基づくものであってもよい。

【0025】ルールベース補正を用いる場合は、シミュレーションベース補正に比較し、より簡易な処理となるため、処理速度を上げることができる。一方シミュレーションベース補正を用いる場合は、より精度の高いマスク補正を行うことができる。

【0026】以上の各特徴を有するマスク補正方法でパターン補正を行ったフォトマスクを用いれば、ウエハ上に設計パターンに忠実なパターンを形成することができる。

【0027】本発明の第1のコンピュータ読み取り可能な記録媒体は、上述する第1のマスクパターン補正方法

8

プログラムを格納したものであり、このプログラムには、マスク上の補正対象領域に対する設計パターンデータを読み取るステップと、前記補正対象領域の設計パターン密度を算出するステップと、予め記憶されたパターン密度ごとの補正データであって、マスクパターンとこれを用いたフォトリソグラフィプロセスにより実際に得られるウエハ上のパターンとの寸法差より算出されたパターン密度ごとの補正データから、前記設計パターン密度に対応する補正データを選択して読み出すステップと、読み出した補正データを基に、前記補正対象領域の設計パターンデータに補正を加えるステップとを有する。

【0028】上記記録媒体に格納されたマスクパターン方法プログラムにおいて、ウエハ上の補正対象領域が、1回の露光ショット領域を二以上に分割して得た複数のサブ領域の一つであってよい。

【0029】また、このサブ領域が、それぞれ少なくとも $100\mu\text{m}$ □ ～ $1000\mu\text{m}$ □ であってよい。さらに上記サブ領域が、1回の露光ショット領域を均等な面積に分割したものであってもよい。

【0030】また、上記サブ領域が、1回の露光ショット領域を独立した回路ブロック単位に分割した領域であってよい。

【0031】本発明の第2のコンピュータ読み取り可能な記録媒体は、上述する第2のマスクパターン補正方法プログラムを格納したものであり、そのプログラムは、マスク上の補正対象領域に対する設計パターンデータを読み取るステップと、前記補正対象領域中の最も高いパターン精度を要求される回路ブロック領域の設計パターン密度を算出するステップと、予め記憶されたパターン密度ごとの補正データであって、マスクパターンとこれを用いたフォトリソグラフィプロセスにより実際に得られるウエハ上のパターンとの寸法差より算出されたパターン密度ごとの補正データから、前記設計パターン密度に対応する補正データを選択して読み出すステップと、読み出した補正データを基に、前記補正対象領域の設計パターンデータに補正を加えるステップとを有する。

【0032】本発明の第3のコンピュータ読み取り可能な記録媒体は、上述する第3のマスクパターン補正方法プログラムを格納したものであり、そのプログラムは、マスク上の補正対象領域に対応する設計パターンデータと、補正対象領域の周辺領域に対応する設計パターンデータとを取得するステップと、補正対象領域に対応する設計パターン密度と、周辺領域に対応する設計パターン密度を算出するステップと、算出した二つの設計パターン密度から、補正対象領域のパターンに影響を与える実効的なパターン密度を算出するステップと、予め記憶されたパターン密度ごとの補正データであって、マスクパターンとこれを用いたフォトリソグラフィプロセスにより実際に得られるウエハ上のパターンとの寸法差より算

出されたパターン密度ごとの補正データから、実効的なパターン密度に対応する補正データを選択して読み出すステップと、読み出した補正データを基に、補正対象領域の設計パターンデータに補正を加えるステップとを有する。

【0033】この実効的設計パターン密度は、補正対象領域の設計パターン密度と前記周辺領域の設計パターン密度に対しそれぞれ重み付けを行い、各領域ごとに設計パターン密度と重み付けの積を求め、これらの積の和を実効的設計パターン密度としてもよい。

【0034】なお、ここで用いる補正データは、実験値から作成する隣接パターン間距離と必要な補正量との関係から求められる、いわゆる「ルールベース補正」に基づくものでもよい。また、隣接パターン間距離に対する必要な補正量との関係をシミュレーションにより求めるシミュレーションパラメータであるいわゆる「シミュレーションベース補正」であってもよい。

【0035】

【発明の実施の形態】（第1の実施の形態）本発明の第1の実施の形態では、1回の露光ショットに対応する領域を均等な複数のサブ領域に分割し、各サブ領域ごとにパターン密度を考慮したマスクパターンの補正を行う。以下、図面を参照しながら、第1の実施の形態に係るマスクパターン補正方法について説明する。

【0036】まず、マスクパターン補正を行う準備段階として、図1～図3に示すルールベース補正、もしくはシミュレーションベース補正を用いて補正データを作成する。

【0037】図1(a)～図2(b)は、本実施の形態に係るルールベース補正に基づく補正データベースを説明するものである。ルールベース補正では、まず実際に設計パターン寸法のフォトリソプロセスを用いて、露光、現像、エッチングを含む通常のフォトリソプロセスを経てウエハ上にテストパターンを作製し、図1(a)に示すような隣接パターンまでの距離とウエハ上で実際に得られるパターン寸法との関係を実験的に取得する。ウエハ上のパターン寸法は、露光時の光近接効果(OPE)の影響を受け、隣接パターン距離が変わるとこれに応じて変化する。よって、図1(a)に示すグラフ上のカーブは、一般に「OPEカーブ」と呼ばれるが、実際には露光時のみならず、現像、エッチング等のその他のフォトリソプロセス等の影響も含まれる。このOPEカーブ上で、ウエハ上に作製されたパターン寸法と設計寸法の差が、マスクパターンに対して必要な補正量となる。

【0038】このOPEカーブの隣接パターン距離をいくつかの領域に区分けし、各領域ごとに、図1(b)に示すような、隣接パターンまでの距離、すなわちいくつかのラインルールとこれに対する必要な補正量との関係として補正データテーブルを作成する。

【0039】例えば補正対象となるラインパターンの隣

接パターンまでの距離 s が a 以下の場合、マスクパターンに対する必要な補正量は0であり、隣接パターンまでの距離 s が a より大きく b 以下の場合、フォトリソ上のラインパターンにはその片側で「 $-A$ 」の補正を加える必要がある。また、隣接パターンまでの距離が b より大きく c 以下の場合、フォトリソ上のラインパターンにはその片側で「 $-2A$ 」の補正を加える必要がある。

【0040】図1(a)、図1(b)に示したグラフおよびテーブルは、パターン密度が $X\%$ におけるものであるが、本実施の形態における補正方法においては、図2(a)、図2(b)に示すように、このような補正データをパターン密度をパラメータにとり、パターン密度ごとの補正データを作成する。即ち、パターン密度の異なる複数の試験パターンをウエハ上にフォトリソグラフィプロセスを用いて作製し、これらの試験パターンを基に、図2(a)に示すようなパターン密度をパラメータとするOPEカーブを作成する。こうして、各OPEカーブより、図2(b)に示すように、例えばパターン密度を 10% ごとに変化させた、各パターン密度ごとに最適なルールベース補正データテーブルを作成する。

【0041】シミュレーションベース補正の場合も、図3(a)および図3(b)に示すように、パターン密度をパラメータにとり、補正対象となるパターンの隣接パターン距離に対するウエハ上に実際にフォトリソグラフィプロセスを経て形成されるパターン寸法がどのようになるかをシミュレーションより求め、OPEカーブを取得する。なお、シミュレーションにより求めるOPEカーブは、図3(a)に示すように、実験値と適合するようにシミュレーションパラメータの最適化を図る。

【0042】図3(b)に示すように、パターン密度ごとに最適なシミュレーションパラメータを選択して、OPEカーブを作成し、各パターン密度ごとにマスクパターンに必要な補正量をシミュレーションで求められるように、パターン密度ごとにシミュレーションパラメータデータを蓄積する。

【0043】以上の手順により準備された各補正データは、コンピュータで読み出し可能なディスク等のメモリに保存する。

【0044】次に、上述した補正データを用いたマスクパターンの補正方法について、図4に示すフローチャートを参照しながら説明する。なお、以下の手順は、コンピュータに読み取り可能な記録媒体に格納されたプログラムを実行することによって実施することが可能である。

【0045】まず、露光ショット領域に対応するマスク上の設計パターンデータを取得する(S1)。コンピュータで行う場合は、例えばこれらの設計データを記録した記録媒体から、直接端末に読み込むか、もしくはサーバ内に記憶された設計データを通信回線等を介して端末

11

に読み込む。なお、複数の露光ショット領域での設計パターンを同時に読み込んでもかまわない。

【0046】次に、取得した設計パターンデータを例えばN個のサブ領域に分割する(S2)。図5は、設計データの分割例を示すものである。例えば露光ショット領域を均等な面積 $D_a \times D_b$ を有するサブ領域に分割する。分割数Nは特に限定されないが、例えば1回の露光ショットでウエハにパターン転写される領域の面積が通常 $25000\mu m \times 33000\mu m$ であるのに対し、好ましくはこれを各サブ領域面積が $100\mu m \square \sim$ 数 $10000\mu m \square$ 、例えば約 $400\mu m \square$ となるように分割数を定めるとよい。なお、ステップ1(S1)の段階で、最初から分割した領域ごとに設計データを読み込んでおいてもよい。

【0047】次に、ルールベース補正(R)を用いるか、シミュレーションベース補正(S)を用いるか、端末オペレータの指示を受ける(S3)。もちろんこの判断は設計パターンデータを読み込む前に行ってもかまわない。

【0048】この後、露光ショット領域をN個の均等な面積に分割した各サブ領域ごとにマスクパターン補正を順次実施していく。

【0049】まず、 $n=1$ とした上で(S4)、最初のサブ領域($n=1$)の設計パターン密度を算出する(S5)。

【0050】次に、選択された補正方法がルールベース補正(R)かシミュレーションベース補正(S)どちらであるか判断し(S6)、ルールベース補正(R)が選択されている場合は、ステップ17(S17)、ステップ18(S18)に進み、シミュレーションベース補正(S)が選択されている場合は、ステップ27(S27)、ステップ28(S28)に進む。

【0051】即ち、ルールベース補正法(R)が選択されている場合は、すでに予めメモリに記憶されている複数のルールベース補正データテーブルから、サブ領域(n)のパターン密度に対応するルール補正データテーブルを選択し、このデータを読み出し(S17)、読み出したルールベース補正データテーブルに基づき、サブ領域(n)内の各パターンの補正量を決定する(S18)。

【0052】シミュレーションベース補正(S)が選択されている場合は、シミュレーションベース補正データからサブ領域(n)のパターン密度に対応する補正データを導くシミュレーションパラメータデータを選択し、読み出し(S27)、選択したシミュレーションパラメータに基づき、サブ領域内(n)の補正量を算出する(S28)。

【0053】続けて、それぞれの補正方法で決定した補正量からサブ領域(n)内のマスクパターンに対し補正を実行し、サブ領域(n)内の補正マスクパターンデー

12

タを決定する(S9)。サブ領域(n)の補正マスクパターンデータを出力する(S10)。出力先は、ディスプレイでもプリンタでも良いが、サブ領域ごとの識別番号とともに、端末内のバッファメモリあるいは記録媒体にデータを書き込んでよい。

【0054】この後、 $n=n+1$ として(S11)、nがサブ領域分割数Nに達しなければ(S12)、再びステップ5(S5)に戻り、次のサブ領域($n+1$)についての補正を前と同じ手順S5～S12で繰り返す。最終的に分割したN個すべてのサブ領域補正データが求められたら、マスクパターンの補正を終了する。

【0055】一般にフォトリソグラフィは、上述する手順で得られた補正マスクパターンデータを基にEB(電子ビーム)描画装置または、レーザビーム描画装置を用いてマスク基板上に直接マスクパターンを描画することにより作製する。

【0056】以上に説明するように、第1の実施の形態に係るマスクパターン補正方法では、1回の露光ショット領域を複数のサブ領域に分割し、サブ領域ごとにパターン密度を考慮した補正を行っている。パターン密度の粗密は、レジストの露光の際に問題となる光近接効果のみならず、現像、エッチング工程を経て得られるウエハ上のパターン寸法において、パターンの細り等の度合いに影響を与える主たる因子となる。よって、パターン密度ごとに最適化した補正データ量をマスクパターンの補正に使用することにより、実際のフォトリソグラフィプロセスの影響を考慮したより精度の高いマスクパターン補正を行うことができる。

【0057】なお、上述した第1の実施の形態では、ルールベース補正とシミュレーションベース補正の二つを選択可能としているが、もちろんプログラム上、どちらか一方のみを用いることも可能である。ルールベース補正を用いる場合は、シミュレーションベース補正を用いる場合に比べ、補正データ量が少ないためマスクパターンの補正処理をより短時間で行うことができる。また、シミュレーションベース補正を用いる場合は、補正処理スピードが遅くなるもののより精度の高い補正を行うことができる。よって、マスクパターンの精度等にあわせて使い分けることが望ましい。

【0058】(第2の実施の形態)本発明の第2の実施の形態は、第1の実施の形態に係るマスクパターン補正方法と同様に、パターン密度を考慮したマスクパターンの補正を行う方法であるが、1回の露光ショット領域を複数のサブ領域に分割する際の分割方法が異なる。第1の実施の形態では、露光ショット領域内を同一面積で均等に分割したが、ここでは、回路ブロック単位でサブ領域を定めている。よって、分割された各サブ領域の面積は同一とならない場合が多い。

【0059】図6(a)、図6(b)に、第2の実施の形態に係るマスクパターン補正方法のサブ領域分割方法

を示している。一般に、同一ウエハ上に形成されるパターンは、回路ブロックごとにその粗密の度合いに大きな差があることが少なくない。

【0060】例えば、メモリセル形成領域等は、周囲より高いパターン密度で形成されるのが一般的である。また、ロジック領域では高いパターン精度が要求される一方、電源回路等ではそれほど高いパターン密度は要求されない。

【0061】そこで、図6(a)に示すように、予めこのような高い精度が要求される独立した回路領域を、露光ショット領域A1より分割したサブ領域A2とし、このサブ領域のみに第1の実施の形態に説明したパターン密度にあわせたマスクパターンの補正を行い、それ以外の領域については、パターン補正を行わないか従来方法によるパターン補正、もしくは、サブ領域A2の設計パターン密度に対応する補正データを基にすべて一律にパターン補正を行ってもよい。このように、パターン精度が要求される領域のみに必要なパターン補正を行うようにすれば、より効率的な補正を行うことができる。また、露光ショット領域全体に対し、最も精度を必要とする回路領域のパターン密度に合わせたパターン補正を行えば、全領域についてパターン密度の算出を行う必要がなく、しかも必要とするパターン精度をウエハ上に形成できる。

【0062】例えば、最も高いパターン精度を要求される特定回路ブロック領域の補正条件に合わせて、マスク上の露光照射領域全体の補正をルールベース補正を用いて行う場合は、図7に示すように、まず、マスクの露光ショット領域全体の設計パターンデータを読み込み(S201)、次に最も高いパターン精度が要求される特定回路ブロック領域を指定する(S202)。次に指定された特定回路ブロック領域のパターン密度を算出する

(S203)。予め、メモリに記憶されているルールベース補正テーブルから算出した特定回路ブロック領域のパターン密度に応じた補正データテーブルを選択し、読み出す(S204)。読み出したルール補正データテーブルに基づき、露光ショット領域全体の各パターンの補正量を決定する(S205)。決定された補正量に基づき露光ショット領域全体の補正を実行し、補正マスクパターンを得る(S206)。得られた補正マスクパターンデータは、この後、必要に応じて各種メモリに書き込

$$P_{eff} = (P_{am} \times W_{am}) + (P_{sur} \times W_{sur}) \cdots (1)$$

例えば、上述のケースでは、次のように実効的なパターン密度が求められる。

$$【0070】 P_{eff} = (20\% \times 0.8) + (50\% \times 0.2) = 26\%$$

重み付けの割合は、補正後でウエハ上寸法が設計通りになるような最適化な物を選択する。

【0071】以上、本発明について、第1から第3の実施の形態に沿って説明したが、これらのマスクパターン

*んでおくとよい。

【0063】なお、上述のするフローチャートにおいて、ルールベース補正の代わりにシミュレーションベース補正を用いてもよい。

【0064】(第3の実施の形態) 本発明の第3の実施の形態も、第1の実施の形態に係るマスクパターン補正方法と同様に、パターン密度を考慮したマスクパターンの補正を行う方法であるが、ここでは、補正対象とするサブ領域をさらに1または複数ゾーンで囲み、各領域ごとに補正量の重みづけを行うことを特徴とする。

【0065】例えば、図8に示すように、補正対象となるサブ領域A3の周囲を囲む複数のサブ領域を補正周辺領域A4とする。補正対象となるサブ領域A3のパターン密度が例えば20%であり、これを取り囲む周辺領域A4のパターン密度50%である場合、各パターン密度にあった補正データテーブルより抽出された補正データをサブ領域A3については80%の重み付けで、補正周辺領域A4については20%の重み付けで、両者のパターン密度を考慮にいたった補正を行う。

【0066】なお、ここでは、サブ領域を取り囲む周辺領域は、二重、三重とし、各領域ごとに重み付け値をつけてもよい。なお、各領域の重み付け値の合計は100%とする。このように、ウエハ上で実際に得られるパターンは、補正対象領域そのもののパターン密度の他、その周囲の影響も少なからず受けているため、領域ごとに重み付けをして周辺領域も補正の考慮に加えることにより、より正確なマスクパターンの補正を行うことができる。

【0067】なお、この場合も第1の実施の形態と同様な手順により補正を行うが、図1に示したフローチャートのステップ5(S5)においては、サブ領域(n)内の設計パターン密度を算出すると同時に、その周囲の周辺領域のパターン密度を算出し、以下の式で、補正に用いる実効的なパターン密度を算出する。

【0068】すなわち、補正対象サブ領域のパターン密度を P_{am} 、その重み付け度数を W_{am} とし、周辺領域のパターン密度を P_{sur} 、その重み付け度数を W_{sur} とすると、補正量を決定する実効的なパターン密度 P_{eff} は、次式(1)で求められる。

【0069】

の補正方法は、種々の半導体回路パターンの作製に用いるマスクに利用できる。特にゲートラインのような高精細なパターンが必要となるものには、そのフォトマスクに上述するようなマスクパターンの補正を行うことは有効である。

【0072】なお、本発明は、上述する実施の形態の記載に限定されるものではなく、種々の改良や置換が可能なことは当業者にあきらかである。

15

【0073】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明のマスクパターン補正方法によれば、パターン密度の影響を考慮したパターン補正を行うことができるため、露光、現像、エッチングの一連のフォトリソグラフィプロセスを経て実際にウエハ上に作製されるパターン寸法をより考慮した精度の高いマスクパターン補正を行うことができる。

【0074】よって、より設計に忠実な半導体集積回路を形成できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態に係るルールベース補正に基づき得られるOPEカーブと補正データテーブルを示す図である。

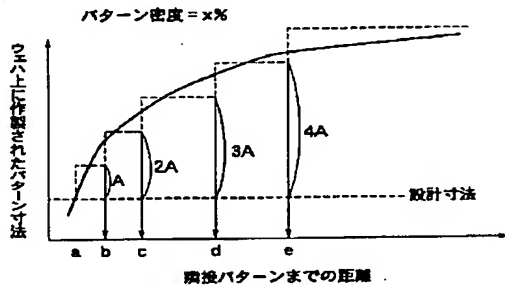
【図2】第1の実施の形態に係るルールベース補正に基づき得られるOPEカーブ群と補正データテーブル群を示す図である。

【図3】第1の実施の形態に係るシミュレーションベース補正に基づき得られるOPEカーブを示す図である。

【図4】第1の実施の形態に係るマスクパターン補正方法を示すフローチャートである。

【図1】

(a)



(b)

パターン密度 = x% の最適ルールテーブル

隣接パターンまでの距離	補正量/片側
$s \leq a$	0
$a < s \leq b$	-A
$b < s \leq c$	-2A
$c < s \leq d$	-3A
$d < s \leq e$	-4A
$e < s$	-5A

16

* 【図5】第1の実施の形態に係る補正対象領域となるサブ領域を示す図である。

【図6】第2の実施の形態に係る補正対象領域となるサブ領域の分割例を示す図である。

【図7】第2の実施の形態に係るマスクパターン補正方法を示すフローチャートである。

【図8】第3の実施の形態に係るマスクパターン補正方法において考慮される補正対象領域とその周囲領域を図示したものである。

10 【図9】従来のマスクパターン補正方法における補正対象領域と1回の露光ショット領域の関係を示す図である。

【図10】従来のマスクパターン補正方法におけるルールベース補正を説明する図である。

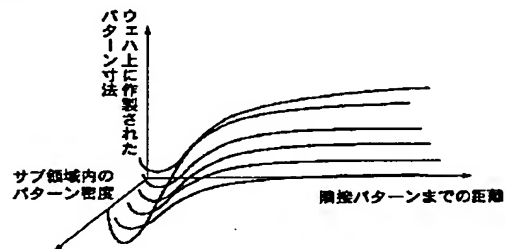
【図11】従来のマスクパターン補正方法におけるシミュレーションベース補正を説明する図である。

【符号の説明】

- A 1 露光ショット領域
- A 2 回路ブロック領域
- A 3 補正対象領域
- A 4 周辺領域

【図2】

(a)



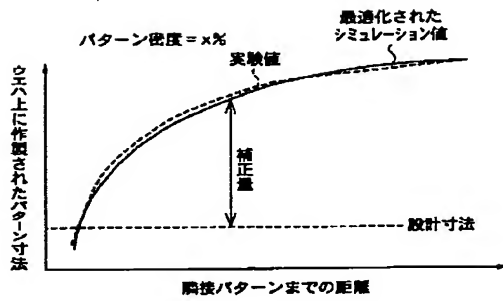
(b)

各パターン密度における最適なルールベース補正テーブル

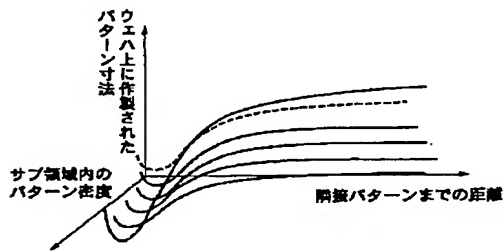
パターン密度: 40%	
パターン密度: 30%	
パターン密度: 20%	
パターン密度: 10%	
隣接パターンまでの距離	補正量/片側
$s \leq a$	0
$a < s \leq b$	-A
$b < s \leq c$	-2A
$c < s \leq d$	-3A
$d < s \leq e$	-4A
$e < s$	-5A

【図3】

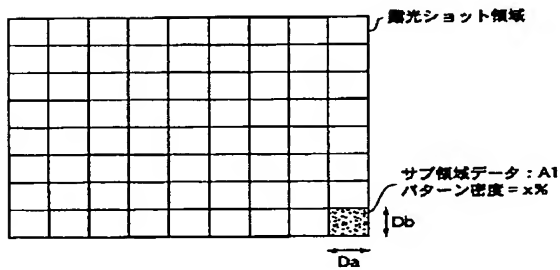
(a)



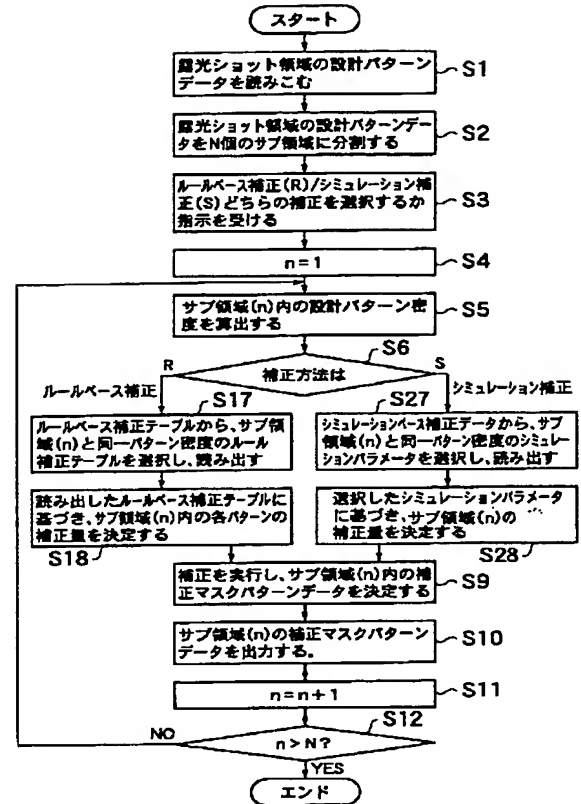
(b)



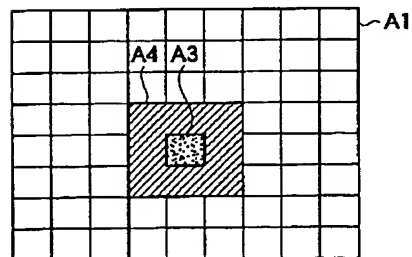
【図5】



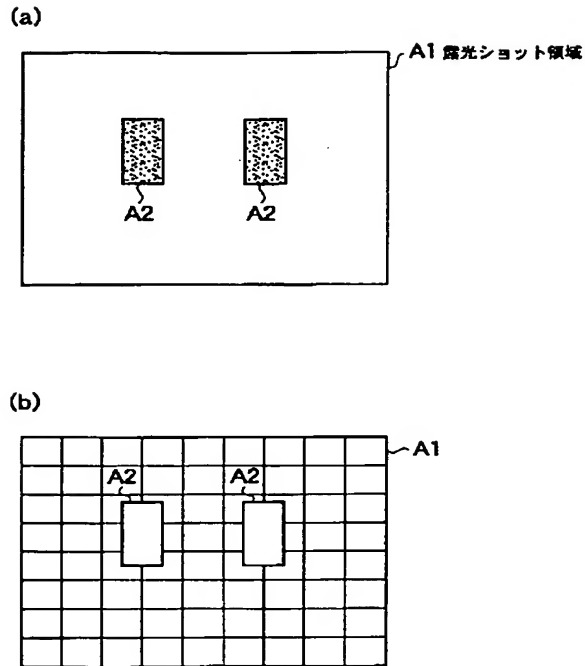
【図4】



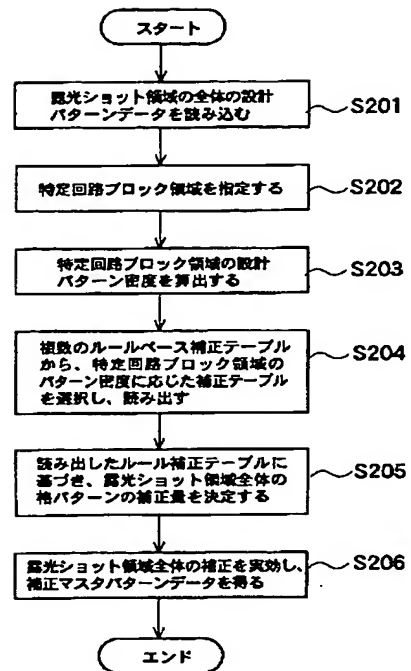
【図8】



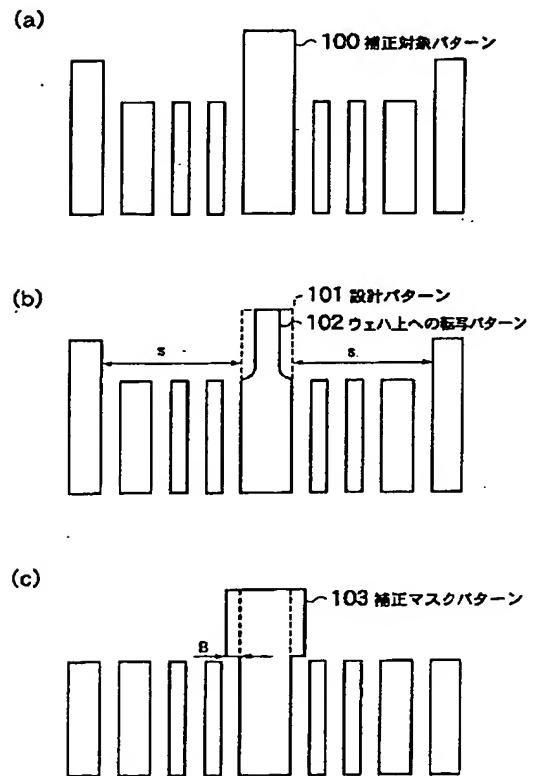
【図6】



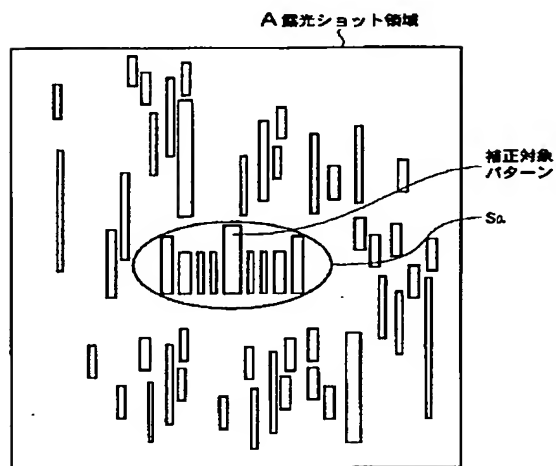
【図7】



【図10】



【図9】



【図11】

